GEOMETRIA DE ENCOSTAS E DECLIVIDADE COMO PARÂMETROS PARA RISCO DE DESLIZAMENTOS

Diogo Ladvocat Negrão COUTO
Marcelo Motta de FREITAS
Bruno Henriques COUTINHO
Leonardo Esteves de FREITAS

RESUMO

A Serra do Mar é um complexo montanhoso que se estende na borda do litoral das regiões Sudeste e Sul do Brasil. A área em estudo esta localizada no município de Petrópolis, cidade que apresentou um intenso processo de urbanização e ocupação desordenada na ultima década. Como decorrência disso podemos colocar a alteração na paisagem – destruição de mata atlântica, vegetação característica da região – e a maior incidência de problemas sociais associados a movimentos de massa. A área de estudo caracteriza-se por topografia acidentada e bacias de drenagem que, ditadas pelo substrato rochoso, resultam em vales encaixados e predominância de formas côncavas e convexas. Na escala 1:10.000 foram elaborados mapeamentos com o objetivo de analisar áreas de risco de deslizamento, abarcando, a partir do geoprocessamento, a geometria das encostas e declividade, áreas de convergência hidrológica. Estas áreas, quando vistas em sobreposição ao processo expansão urbana, denotam o risco da ocupação, sobretudo, nas cabeceiras de drenagem.

INTRODUÇÃO

Os trópicos úmidos são considerados umas das regiões onde as vertentes estão mais intensamente sujeitas aos movimentos de massa. A abundância das precipitações ao lado de espessos mantos de alteração promoveriam as condições ideais para a ativação destes processos. Com o avanço da urbanização no município de Petrópolis, as encostas foram ocupadas e os deslizamentos naturais passaram a apresentar extremo risco à população.

A Cidade de Petrópolis apresenta um histórico de ocupação desordenado refletido na atual distribuição espacial da urbanização do lugar, o que resultou em drásticas transformações antrópicas sobre o meio físico ao longo dos anos, tanto nas áreas diretamente urbanizadas, como também nas áreas afetadas pelos usos associados ao processo de ocupação, tais como pastagens e florestas degradadas. Desta maneira, busca-se analisar de forma integrada a relação da modificação das qualidades físicas da natureza pela ocupação, em sua maioria residências de baixa renda, com as formas das encostas e a declividade, avaliando, assim, a susceptibilidade de movimentos de massa.

Segundo Gonsalves e Guerra (2001), a urbanização acelerada que vem acontecendo nas últimas décadas na cidade de Petrópolis é um dos fatores responsáveis pelos altos índices de movimentos de massa na cidade, já que a forma como se dá a ocupação humana não considera as limitações do meio físico. Estando as encostas em equilíbrio com a vegetação, a ação dos movimentos de massa fica restrita às zonas de forte declividade nas encostas, entretanto, quando esse equilíbrio é rompido pelo desmatamento e substituição da cobertura do solo, a ação humana passa a interagir com características geológico-geomorfológicas para o aparecimento de pontos susceptíveis à ocorrência de movimentos de massa (Meis e Xavier da Silva, 1968).

Vale considerar que a relação ocupação / deslizamento não é simples, merecendo as ressalvas características da complexidade do processo de ocupação. A ampliação de áreas

urbanas, devido à impermeabilização e à alteração da cobertura vegetal repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, favorecendo o escoamento superficial e a concentração de enxurradas. A urbanização afeta o funcionamento do ciclo hidrológico, pois interfere no rearranjo do armazenamento e na trajetória das águas. O homem ao introduzir novas maneiras para a transferência das águas, na área urbanizada e em torno das cidades, provoca alterações na estocagem hídrica nas áreas circunvizinhas e ocasiona possíveis efeitos adversos e imprevistos, no tocante ao uso do solo (Christofoletti, 1998).

Petrópolis possui uma topografia acidentada que em consórcio com o desmatamento e um processo de ocupação sem planejamento como cortes, aterros, depósitos de lixo, desmatamentos, modificações na drenagem, aliado às intensas chuvas de verão comum nas regiões tropicais culminam em movimentos de massa sendo caracterizados como eventos catastróficos pela quantidade de vida que são afetadas por esses fenômenos. A destruição de moradias, perdas de vidas e constrangimentos na população constituem ainda um grave problema social.

Para uma abordagem concisa foi tomada a bacia de drenagem como unidade sistêmica de análise geomorfológica (Coelho Netto, 1994 e Chorley, 1962 *in* Fernandes, 1998). As transformações na cobertura do solo conduzem a uma modificação no comportamento hidrológico da bacia, onde as modificações nos componentes estruturais do ambiente podem acarretar em condições favoráveis ao aumento de processos erosivos nas encostas por diferentes mecanismos. Os processos hidrológicos representam fundamental importância para a compreensão dos mecanismos detonadores de rupturas nas encostas. Para tanto a consideração sobre as relações internas da paisagem associadas a interação biótica, abiótica e humana torna-se relevante ao comportamento hidrológico e mecânico dos solos em diferentes posições e formas das encostas (Fernandes, 1998).

EROSÃO DOS SOLOS

Para um melhor entendimento sobre a hidrologia de bacia de drenagem e seus processos erosivos é necessária a compreensão sobre o comportamento da água nas encostas e o que ditará o seu comportamento. O escoamento pluvial adota diversas trajetórias de fluxos de acordo com as condições a que está submetida, podendo ser: escoamento superficial por excesso de intensidade da chuva em relação à capacidade de infiltração (Horton, 1932); escoamento superficial de saturação e escoamento subsuperficial raso e/ou profundo (Dunne, 1970). Buscando uma análise integradora do sistema da bacia de drenagem é necessário fomentar a discussão sobre a ação conjuntural dos elementos que compõem uma bacia como a presença ou não de escarpamentos rochosos, cobertura vegetal, características da serrapilheira controlando a infiltração, mas principalmente a morfologia das encostas.

A perda dos solos nas encostas ocorre, em primeiro lugar, através do escoamento superficial (runoff) e é determinada pela declividade das encostas, devido ao efeito na velocidade do runoff (Guerra, 2001). Entretanto, Morgan *in* Guerra (2001) salienta que encostas muito íngremes, a erosão pode diminuir devido ao decréscimo de material disponível. Porém, a respeito do efeito da declividade das encostas na erosão dos solos, Luk *in* Guerra (2001) concluiu que os solos que apresentam o maior índice de erodibilidade são os que se encontram em encostas de 30º de declividade.

Neste sentido, buscou-se neste trabalho enfatizar as formas das encostas e a declividade como estrutura reguladora dos fluxos d'água e fator condicionante à susceptibilidade de movimentos de massa. Portanto, as encostas podem possuir formas côncavas (hollows), responsáveis pela convergência hídrica, convexas (noses), onde há a divergência pluvial e as encostas retilíneas, onde os fluxos correm paralelos a linha de declive.

FATORES CONDICIONANTES DE MOVIMENTOS DE MASSA

Movimentos de massa são processos detonadores nas encostas a partir da atuação integrada de diversos fatores condicionantes e caracterizam-se pelo movimento gravitacional, descendente e para fora da encosta, de material sem a ajuda da água corrente como um agente de transporte (Fernandes *et al*, 2001). Segundo Fernandes *et* al (2001) e Fernandes e Amaral (1996) os movimentos de massa são condicionados por fatores geológicos, tanto litológicos como estruturais, geomorfológicos, climáticos e antrópicos. Como parâmetros geomorfológicos podem ser incluídos os aspectos topográficos e as relações entre as formas das encostas e a hidrologia (superficial e subsuperficial) da encosta, contando com as descontinuidades hidráulicas e estratigrafia de depósitos.

Guidicini e Nieble (1984), Sidle *et al*. (1985) e Selby (1993) *in* Vieira (2001), destacam o papel da vegetação e a função mecânica de reforço das raízes, os fatores topográficos como a declividade e a forma das encostas, as propriedades dos solos e das rochas, que abrangem características hidráulicas, mecânicas, químicas e mineralógicas e a dinâmica da água dentro dos materiais, como por exemplo, a recarga do lençol freático, os fluxos subsuperficiais e a evapotranspiração.

A vegetação pode influenciar na estabilidade das encostas através de mecanismos hidrológicos e mecânicos. Mecanicamente, a retirada da vegetação pode alterar a coesão aparente dos solos reduzindo a resistência ao cisalhamento (Greenway, 1987; Sidle *et al*., 1985; Parandini *et al*., 1997 e Selby, 1993 *in* Vieira, 2001).

No que se refere aos parâmetros topográficos, estudos geomorfológicos associaram esses parâmetros à ocorrência de deslizamentos, caracterizando a potencialidade dos movimentos de massa à sua distribuição espacial na paisagem. Segundo Fernandes 1994, as porções côncavas do relevo (hollows) representam locais preferenciais para a geração de deslizamentos, pois apresentam zonas de convergência de fluxos superficiais e subsuperficiais e de materiais transportados ao longo das encostas, gerando depósitos coluviais. Gao (1993) *in* Vieira, (2001), a partir de modelos digitais de terreno e modelos estatísticos, identificou as variáveis topográficas mais significativas na distribuição espacial de 1107 deslizamentos ocorridos na Virgínia (USA) durante as intensas chuvas que atingiram a região em agosto de 1969. De acordo com Reneau e Dietrich (1987) *in* Vieira (2001), foi a partir deste evento que passou-se a associar a ocorrência de deslizamentos às porções côncavas do relevo.

São ainda nos hollows onde se depositam os depósitos coluvionares. Os colúvios caracterizam-se por serem pacotes de solos intercalados, constituídos por porções provenientes de parte mais elevadas da encosta. Desta maneira os colúvios são constituídos de propriedades físicas diferenciadas, proporcionando, assim, descontinuidades hidráulicas.

Através de estimativas da espessura dos depósitos coluvionares existentes nos hollows, foi verificado um aumento da umidade e uma redução da coesão efetiva do material nestas feições, aumentando sua susceptibilidade à ruptura. Os hollows apresentam uma maior concentração de água e de material mais intemperizado, resultando em uma menor estabilidade nessas porções do relevo (Montgomery *et al*., 1991).

Assim como as feições geomorfológicas, as características estruturais e litológicas do relevo exercem papel fundamental na estabilidade das encostas. O sistema de fraturas e falhas, as características da foliação e/ou bandamento, composição e orientação das camadas, além das feições estruturais do embasamento rochoso podem representar importantes descontinuidades mecânicas e hidráulicas (Fernandes e Amaral 1996,)

RELAÇÃO ENTRE USO DO SOLO E MOVIMENTOS DE MASSA

Para que se possa entender o mosaico espacial referente aos múltiplos aspectos do parcelamento do uso do solo da Bacia do Alto Piabanha é necessário levar em consideração sua condição geográfica. Situada em um ambiente serrano as transformações na paisagem por conta da humanização do espaço precisam levar em conta as limitações naturais para uma ocupação coerente com o funcionamento do meio físico para tornarem-se seguras. O problema agrava-se quando, pelo processo de saturação da malha urbana nos fundos de vale, esta expansão caminha-se em direção as encostas íngremes, que mesmo florestadas apresentam problemas com os deslizamentos.

A expansão urbana e as construções nas encostas e o manejo inadequado do solo têm alterado significativamente a paisagem e podem torná-la mais sujeita a sofrer riscos de degradação agravando a ocorrência de movimentos de massa. Os condicionantes naturais podem, juntamente com o manejo inadequado, acelerar a degradação. Chuvas concentradas, encostas desprotegidas por cobertura vegetal e topografia acidentada e íngreme podem contribuir para o aceleramento dos processos erosivos na encostas de Petrópolis, sobretudo em suas encostas côncavas.

Neste sentido, buscou-se neste trabalho enfatizar as formas das encostas e a declividade como estrutura reguladora dos fluxos d'água e fator condicionante à susceptibilidade de movimentos de massa. Portanto, as encostas podem possuir formas côncavas (hollows), responsáveis pela convergência hídrica, convexas (noses), onde há a divergência pluvial e as encostas retilíneas, onde os fluxos correm paralelos a linha de declive.

OBJETIVO

Com base no que foi exposto fica evidente que a importância de se criar um diagnóstico com base hidrológica e geomorfológica sobre a estrutura, a funcionalidade e a dinâmica da paisagem florestal-urbana em Petrópolis é fundamental para a orientação de medidas básicas ao planejamento sobre a ocupação do solo.

Para tal, a confecção de mapas-síntese sobre a Bacia do Alto Piabanha, identificando potenciais áreas de risco e de estabilidade, no que se diz respeito aos deslizamentos nas encostas, ajudam a de orientar a expansão da malha urbana formal e informal (favelas).

Sendo assim, tem-se como objetivo geral neste trabalho entender a dinâmica hidrológica e geomorfológica da Bacia do Alto Piabanha, seus elementos estruturais, funcionais e sua dinâmica, tendo como referencia o uso do solo, a declividade e as formas geométricas das encostas.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Alto Piabanha encontra-se no município de Petrópolis ao norte da Cidade do Rio de Janeiro entre as longitudes 43º 06' 53'' e 43º 14' 58''W e latitudes 22º 27' 04'' e 22º 32' 34''S, com altura média de 1.045 metros e área de aproximadamente 60Km2. A rede de drenagem da bacia está submetida a um forte controle geológico estrutural, caracterizada por vales encaixados nas vertentes da Serra do Mar, sendo afluente do Rio Paraíba do Sul, o maior do Estado. A bacia encontra-se, ainda sob regime da APA de Petrópolis (IBAMA) estando submetida às questões ambientais como reguladoras do processo de ocupação.

A área de estudo está inserida na porção central da Faixa Móvel Ribeira, formada por rochas de idade Proterozóica, associadas à colisão continental na formação do Gondwana (Heilbrom *et al*, 2004). Desta forma, suas rochas são gnaisses de alto grau metamórfico e granitos provenientes da fusão parcial destes. O relevo montanhoso reflete a resistência litológica ao intemperismo e o processo de soerguimento sofrido durante o Cretáceo, quando ocorreu a abertura do oceano Atlântico e a formação dos *Horsts* e *Grabens* estruturadores da topografia atual (Moriak, 2004). Este último evento tectônico é

responsável pela ocorrência de falhas e fraturas extencionais orientadas, em *sets* principais de direção NE-SW, NW-SE para as fraturas eN-S para as falhas. Guerra (2001) afirma que "a maior densidade de falhas e fraturas está presente na porção sul do município, o que condiciona o relevo a morros alongados, de vales em "V" retilíneos, encaixados em descontinuidade NE e NW"(p.229). As características gerais do relevo são determinadas pelo controle estrutural, desempenhando um notável controle na organização da rede de drenagem e na modelagem do relevo.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para tornar essa análise possível foi realizado pelo Instituto Terra Nova em parceria com o IBAMA o mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal em escala de 1:10.000 da APA Petrópolis como referência espacial para a geração de dados, análise e um resultado final. Busca-se com esse mapeamento um material de auxílio à gestão da APA, tendo como diretriz a manutenção da qualidade ambiental da unidade de conservação (Terra Nova, 2005).

Tendo em vista a Bacia do Alto Piabanha, as cabeceiras de drenagem desse mesmo rio apresentam usos diversos sobre o solo, que, muitas vezes, intensificam movimentos de massa, o que é destoante do contexto territorial em que a região está inserida, que é de Área de Proteção Ambiental (APA).

Sendo assim, buscou-se uma análise integradora sobre a paisagem relacionando a morfologia das encostas com o uso do solo a partir da ação transformadora do homem sobre o espaço natural e a susceptibilidade aos movimentos de massa.

A partir da base cartográfica digital da APA Petrópolis, destacou-se a Bacia do Alto Piabanha, abordando vetores terrestre do processo de ocupação, bem como um mapeamento da cobertura vegetal e do uso do solo da bacia além das formas geométricas das encostas com base em cartas topográficas e trabalhos de campo. Essa análise tem como propósito identificar, a partir do cruzamento dos dados, o grau de importância da morfologia das encostas como condicionante à ocorrência de movimentos de massa.

Partindo do Sistema de Informações Geográficas (SIG) como parâmetro de análise, foi utilizado o geoprocessamento e o sensoriamento remoto como ferramenta para a construção de uma base de dados sobre a região em escala de 1:10.000, utilizando o *software* ArcView buscando uma visão integradora sobre as formas das encostas, a declividade, o uso do solo e os movimentos de massa. O trabalho iniciou-se com a montagem, adequação e sistematização da base cartográfica, a partir de folhas em escala 1:10.000 da Prefeitura de Petrópolis, do CIDE-RJ e da FUNDREM.

MAPAS BÁSICOS

Uso e cobertura do solo: Os polígonos foram definidos manualmente respeitando as características visuais da cobertura do solo. A partir daí, o mapa foi confeccionado a partir da fotointerpretação, associando os polígonos às classes pré-estabelecidas. Este mapa foi retirado de um mapeamento maior, elaborado para toda a área da APA Petrópolis, pelo Instituto Terra Nova , junto ao IBAMA. A partir deste mapa base foi recortada bacia do alto rio Piabanha como área piloto para a avaliação da metodologia gerada neste artigo (Terra Nova, 2005).

Declividade: O mapa de declividade foi elaborado a partir do modelo digital do terreno, e teve como base de análise as seguintes classes: 0º – 15º; 15º -30º; 30º – 45º e >45º de declividade.

Geometria das encostas: Foi confeccionado um mapa através da classificação visual das formas das encostas, determinadas sobre a base topográfica, sendo classificada em: côncava, convexa e retilínea.

Cruzamento dos mapas: os mapas foram cruzados através de sucessivas etapas em geoprocessamento, utilizando-se dados referentes aos condicionantes de movimentos de massa, incluindo áreas côncavas, declividade de encostas, vegetação e uso do solo, considerando neste último o comportamento hidrológico e erosivo das diferentes coberturas. Desses cruzamentos foram gerados dois mapas sínteses sendo um mapa de condicionantes hidrogeomorfolóigicos (mapa de declividades x áreas côncavas) e o mapa de risco e susceptibilidade de movimentos de massa, baseado no cruzamento do mapa anterior com o mapa de uso do solo.

MAPAS SÍNTESE:

Condicionantes hidrogeomorfológicos aos movimentos de massa: Foram definidos graus de susceptibilidade a deslizamentos relacionado às formas das encostas e à declividade, considerando como concentradoras de luxo as áreas com maior probabilidade de deslizamentos, portanto as formas côncavas, que associadas a alta declividade podem potencializar esses riscos. Desta forma, as classes geradas a partir do cruzamento de geometria de encostas e declividade foram: alto (3) – côncavo > 30º e convexo > 45º; médio (2) – côncavo de 15º - 30º e convexo de 30º- 45º; baixo (1) – convexo de 0º - 15º e de 15º - 30º e côncavo de 0º - 15º e inexistente, quando associados às porções planas do relevo.

Mapa de Vegetação e Uso do Solo: Esse mapa foi simplificado a partir do agrupamento de classes provenientes do mapeamento realizado para a APA Petrópolis pelo Instituto Terra Nova.

Mapa de Risco e Susceptibilidade aos movimentos de massa: O mapa síntese final sobre a susceptibilidade aos movimentos de massa na Bacia do Alto Piabanha foi criado a partir do cruzamento do mapa de condicionantes hidrogeomorfológicos aos movimentos de massa e do mapa de vegetação. As inúmeras classes geradas a partir deste cruzamento foram agrupadas de acordo com o entendimento do funcionamento hidrológico de cada cobertura vegetal no que diz respeito ao processo de infiltração e à formação de zonas de descontinuidade hidráulica em subsuperfície. Neste sentido, foram agrupadas como:

- áreas de muito baixa susceptibilidade a deslizamentos - florestas conservadas de média e baixa susceptibilidade hidrogeomorfológica e florestas iniciais de baixa susceptibilidade hidrogeomorfológica.

- áreas de baixa susceptibilidade a deslizamentos - florestas conservadas de alta susceptibilidade hidrogeomorfológica e florestas iniciais de alta e média susceptibilidade hidrogeomorfológica.

- áreas de média susceptibilidade a deslizamentos – campos rupestres de baixa e média susceptibilidade hidrogeomorfológica e solo exposto de baixa susceptibilidade hidrogeomorfológica.

- áreas de alta susceptibilidade a deslizamentos – gramíneas de baixa susceptibilidade hidrogeomorfológica e solo exposto de média susceptibilidade hidrogeomorfológica.

- áreas de muito alta susceptibilidade a deslizamentos – gramíneas de média e alta susceptibilidade hidrogeomorfológica e solo exposto e campos rupestres de alta susceptibilidade hidrogeomorfológica.

- áreas de alto risco de deslizamentos – áreas urbanas de alta susceptibilidade hidrogeomorfológica

- áreas de médio risco de deslizamentos – áreas urbanas de média susceptibilidade hidrogeomorfológica

- áreas de baixo risco de deslizamentos – áreas urbanas de baixa susceptibilidade hidrogeomorfológica

- afloramentos rochosos, que por não possuírem solo, não apresentam risco de movimentos de massa. Neste caso não foram consideradas as quedas de bloco e nem a injeção concentrada de fluxo nas encostas imediatamente abaixo aos afloramentos. Ambos fenômenos devem ser levados em conta em uma análise mais refinada do mapa.

- risco inexistente, para as áreas planas do mapa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

CONDICIONANATES HIDROGEOMORFOLÓGICOS AOS MOVIMENTOS DE MASSA:

A partir do cruzamento das áreas côncavas com a declividade das encostas foi gerado o mapa de condicionantes hidrogeomorfológicos aos movimentos de massa onde podemos observar que 10,69% da área da bacia está livre da ameaça dos deslizamentos, sendo classificada como inexistente, relativa às áreas planas. Nestas áreas vale a ressalva de que muitas delas estão associadas aos fundos de vale, onde o risco está relacionada ao fenômeno de enchentes. Para os graus de susceptibilidade, área 54,69% apresenta baixas condições propícias aos escorregamentos, 27,39%, com condição média aos movimentos de massa e 7,23% da área da bacia, apresentando alta susceptibilidade de deslizamento de acordo com os condicionantes hidrogeomorfológicos (figura 1).

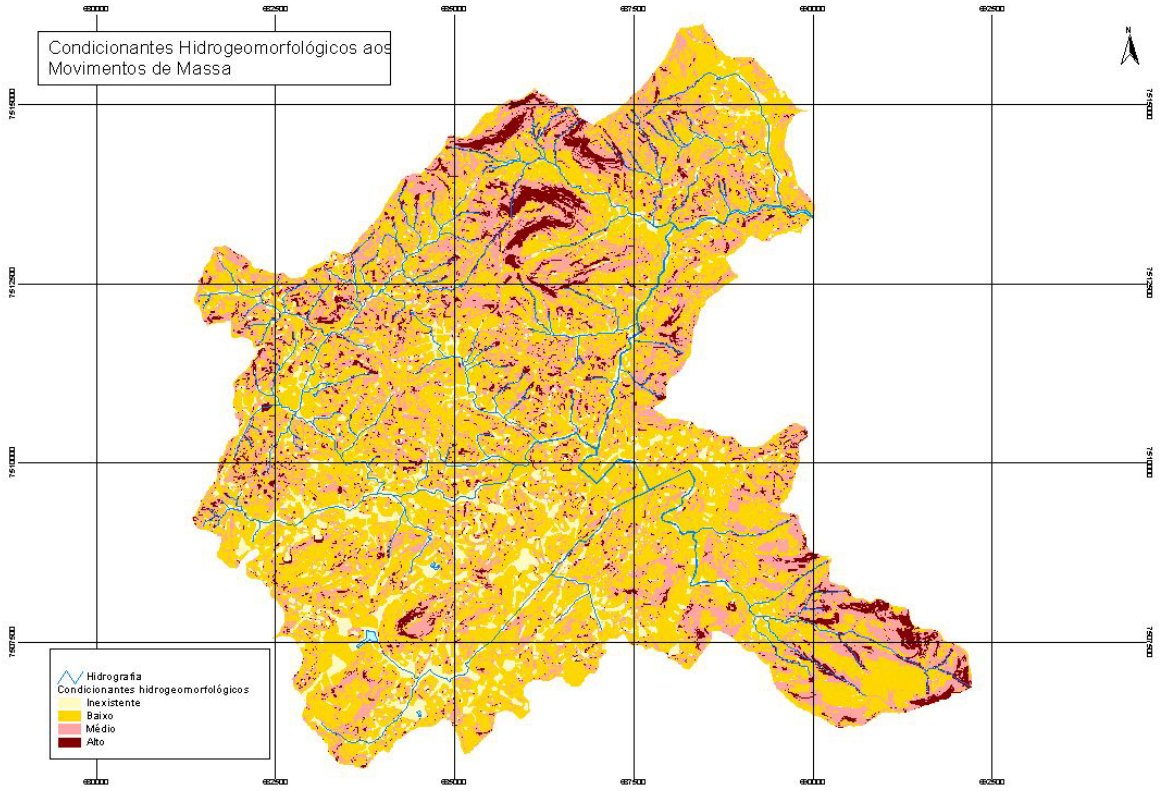

Figura 1: Mapa de condicionanates hidrogeomorfológicos aos movimentos de massa

MAPA DE VEGETAÇÃO E USO DO SOLO:

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal da Bacia do Alto Piabanha apresentou os seguintes resultados: 3,08% de afloramento rochoso 3,09% de vegetação rupestre 13,94%

de área coberta por florestas conservadas; 39,70% de florestas iniciais; 10,89% de gramínea 0,51% de solo exposto, 28,79% de área urbana(figura 2).

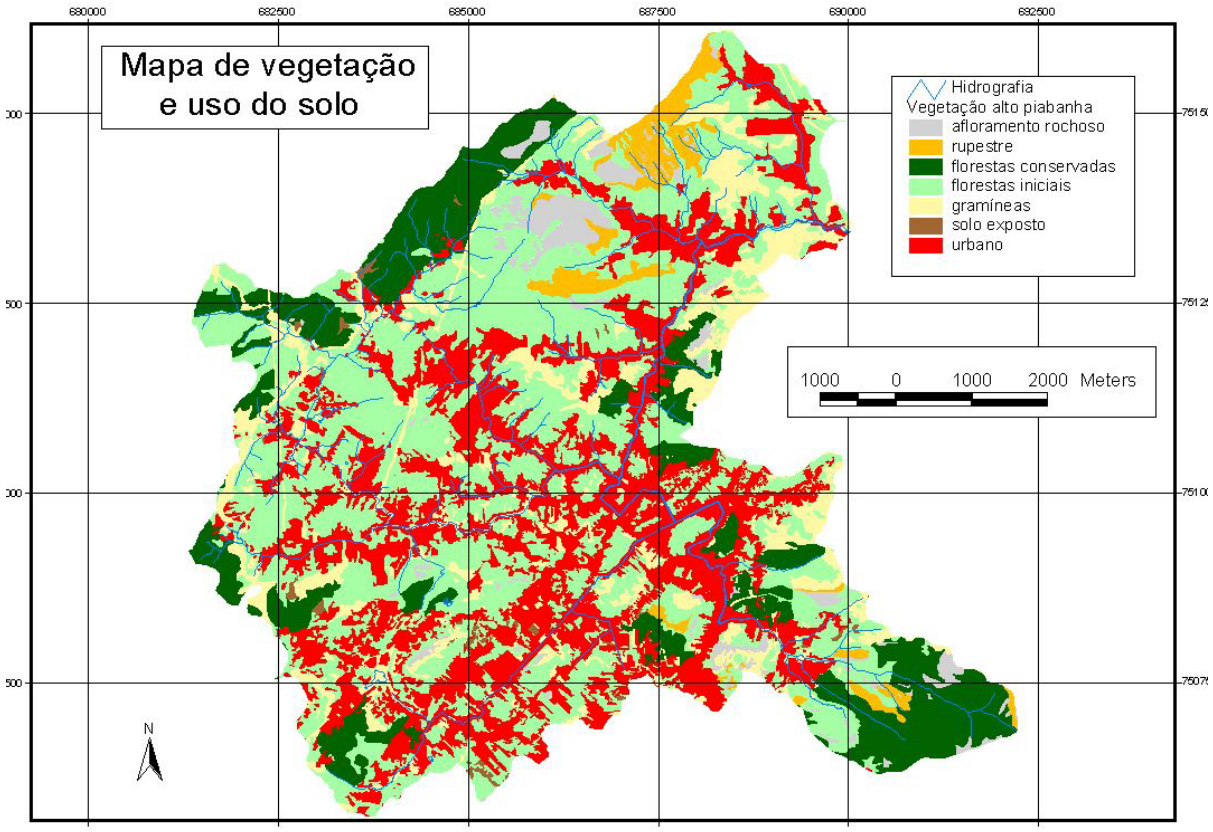

Figura 2: mapa de vegetação e uso do solo

MAPA DE RISCO E SUSCEPTIBILIDADE AOS MOVIMENTOS DE MASSA:

Este mapa reúne a análise das áreas susceptíveis a movimentos de massa , de acordo com os condicionantes hidrogeomorfológicos, cruzada ao mapa de vegetação e uso do solo. Desta forma, diferenciando-se risco de susceptibilidade, este mapa divide classes de muito baixa a muito alta susceptibilidade a movimentos de massa, quando se trata de áreas não habitadas, transformando-se em áreas de risco, quando sobrepostas a áreas urbanas. Argumenta-se esta diferenciação pelo fato de que se ocorrerem deslizamentos em áreas não habitadas, não se colocaria em risco a população, assim sendo as áreas classificadas como urbanas, ou seja, que apresentam alguma ocupação, foram classificadas de baixo a alto de acordo com os condicionantes hisdrogeomorfológicos (declividade e concavidades). Em relação aos percentuais de área, este mapa apresentou os seguintes resultados:

Afloramento rochoso – 3,05%

Susceptibilidade inexistente (áreas planas) – 11,63%

Muito Baixa Susceptibilidade – 33,13%

Baixa Susceptibilidade – 17,55%

Média Susceptibilidade – 2,99%

Alta Susceptibilidade – 5,93%

Muito alta Susceptibilidade – 3,36%

Alto Risco – 18,85%

Médio Risco – 3,10%

Baixo risco – 0,40%

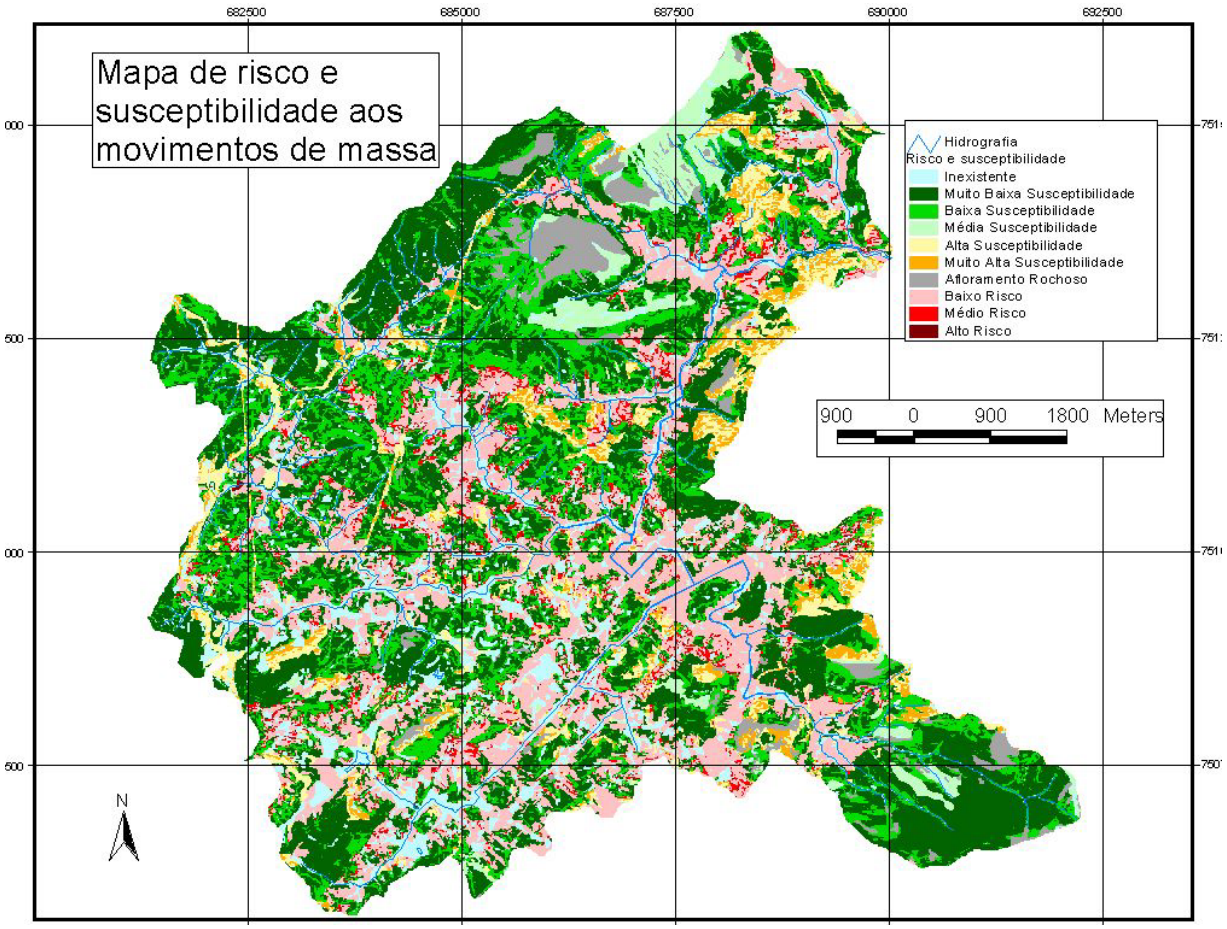

Figura 3: mapa de risco e susceptibilidade aos movimentos de massa:

De acordo, com os resultados percentuais e analisando a espacialização das áreas, vemos que a maior parte da área urbana encontra-se sobre alto risco e ao mesmo tempo, mais de 50% da área apresenta baixa e média susceptibilidade, o que significa, obviamente reconsiderando as áreas de topo de morro mais elevados, que a ocupação está mal situada, sobretudo nos fundos de vale (Figura 3). Os fundos de vale constituem-se em áreas côncavas que além de concentrarem fluxos e poderem destacar seu substrato pedológico, dada a poro-pressão crítica da água subsuperficial, podem, ainda, servir de eixos condutores de deslizamentos, dando passagem a avalanches detríticas com amplo poder de destruição. Por outro lado, os topos convexos dos morrotes mais rebaixados, no interior das bacias, que formam os divisores internos das mesmas, constituem-se como áreas passíveis de ocupação, não oferecendo riscos altos de deslizamentos.

Por constituir uma área de alta densidade urbanística e estar, muitas vezes, associada às porções côncavas do relevo, os movimentos de massa constituem sérias conseqüências à população residente do município de Petrópolis, que pela saturação urbana nos fundos dos vales são empurrados encosta acima.

O processo de transformação das áreas florestadas em áreas de gramíneas ou regeneração potencializam áreas de risco, uma vez que oferecem planos de descontinuidade de água em subsuperfície. Desta forma, se essa é uma tendência das frentes de expansão da ocupação, principalmente, nas áreas de menor densidade urbana, onde o primeiro ato, antes de construir, é substituir a floresta, pode-se dizer que o risco aumenta, a medida que a frente de expansão caminha para as encostas mais íngremes e eixos de concavidade. Transformar áreas côncavas, íngremes em áreas de gramíneas, certamente, é induzi-la a uma alta susceptibilidade aos movimentos de massa e, posteriormente a ocupação, em áreas de alto risco. Neste sentido, a metodologia empregada neste mapeamento serve de norteadora para o processo de planejamento da ocupação, sabendo-se de todas as dificuldades que constituem a gestão territorial de um espaço tão densamente ocupado.

BIBLIOGRAFIA

CHRISTOFOLETTI, A. (1998). **Aplicabilidade do conceito geomorfológico nos projetos de planejamento.** In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Orgs.: A. J. T. Guerra & S. B. Cunha. 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, pp. 415-440.

DUNNE, T. (1970). **Runoff production in a umid area.** United Stated Departament of Agriculture Report. ARS. 41, p16.

FERNANDES, N. F. e AMARAL, C. P. (1996). **Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica.** In: Geomorfologia e meio ambiente **.** Orgs.: A. J. T. Guerra & S. B. Cunha. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. pp. 123-194.

FERNANDES. N. F.; COELHO NETTO, A. L. e LACERDA, W. A. (1994). **Subsurface hidrology of layered colluvium mantels in unchannelled valleys – Southeastern Brazil.** Earth Surface Processes and landforms, 19: pp. 609-626.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES. R, A ,T.; VIEIRA, C. B.; MONTGOMERY, D. R.; e GREENBERG, H. (2001) **Condicionantes Geomorfológicos dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Métodos e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis.** Revista Brasileira de Geografia, Volume 2, Nº. 1 (2001) 51-71.

FERNANDES, M. C. (1998). **Geoecologia do Maciço da Tijuca : uma abordagem GEO-HIDROECOLÓGICA.** Dissertação de mestrado UFRJ.

GONSALVES, L. F. H. e GUERRA, A. J. T. (2001). **Movimentos de massa na cidade de Petrópolis.** In: Impactos ambientais urbanos no Brasil. Orgs: .: A. J. T. Guerra & S. B. Cunha. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. pp: 189-252.

GUERRA, A. J. T. (1998). **Processos erosivos nas encostas.** In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Orgs.: A. J. T. Guerra & S. B. Cunha. 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; NETO, M. C. C.; SILVA, L.C., TROUW, R.A.J. & JANASI, V.A. (2004). **Província Mantiqueira**. In: MANTESSO-N, Virginio; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.; BRITO NEVES, B. (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano, cap. XIII, p.203-235.

HORTON, R. E. (1932). **Drainage basin characteristics.** AM. Geophys. Union 13, pp. 350-361.

MÉIS, M, R, M.; XAVIER DA SILVA, J. (1968) **Considerações Geomorfológicas a Propósito dos Movimentos de Massa No Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Geografia, 30 (1) jan./mar. 1968.

MONTGOMERY, D. R.; WRIGTH, R. H. e BOOTH, T. (1991). **Debris flow mitigation for colluvium – filled seales.** Bulletin of the association of Engineering Geologists, 28 : pp. 303-323.

MOHRIAK, W. U (2004). **Recursos energéticos ligados à reativação tectônica mesozóico-cenozóica da América do Sul**. In: MANTESSO-N, Virginio; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.; BRITO NEVES, B. (orgs.) Geologia do Continente Sul-Americano, ed. BECA, cap. XVIII, p. 294-319

TERRA NOVA, (2005**). Mapeamento de Vegetação e Uso do Solo da APA. Relatório Final**. No prelo.

VIEIRA, B. C. (2001). **Caracterização *in situ* da condutividade hidráulica dos solos e sua influencia no condicionamento dos deslizamentos da bacia do Rio Papagaio, maciço da Tijuca (RJ).** Dissertação de Mestrado UFRJ.